

**Яминский И.В., Миняйлов В.В., Лунин В.В.**

**НА ПУТИ К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО  
НАНОТЕХНОЛОГИЯМ: ИНТЕРНЕТ-ПРАКТИКУМ ПО СКАНИРУЮЩЕЙ  
ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ**

*minaylov@excite.chem.msu.ru*

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

*г. Москва*

*Работа посвящена использованию Интернет-технологий для обучения в области экспериментальной исследовательской деятельности. Представлен опыт применения Интернета на химическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова для реализации удаленного проведения учебных практических работ по сканирующей зондовой микроскопии и осуществления их методической поддержки.*

*This work is devoted to the application of Internet technologies in the area of experimental research education. The experience in the usage of Internet for the development of the remote practicum in scanning probe microscopy and its educational support at the Chemistry Department of M.V. Lomonosov Moscow State University is presented.*

Образование с использованием электронных обучающих средств и дистанционных образовательных технологий в настоящее время развивается быстрыми темпами. Обширные информационные ресурсы, мультимедийные презентации, коммуникационные системы общения студент-преподаватель делают теоретическое Интернет-образование успешным и эффективным. В области экспериментального образования прогресс значительно менее заметен. Активное развитие сегодня научных программ в области нанотехнологий неизбежно порождает необходимость подготовки и переподготовки кадров. В связи с этим вопросы развития и внедрения методов Интернет-обучения в области экспериментальной нанотехнологии становятся актуальными.

Современные аналитические методы – сканирующая зондовая микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, а также оптическая микроскопия высокого разрешения – позволяют получить экспериментальные данные, которые содержат богатую информацию о мире нанообъектов, и являются необходимым составляющим знаний квалифицированного специалиста в области нанотехнологий.

Возможности телекоммуникационных технологий, позволяющие внедрить Интернет для дистанционного управления экспериментальными установками, сбора и передачи данных, открывают новые возможности для создания образовательных программ для дистанционного обучения экспериментальной работе. Так, на кафедре высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ организован и работает на протяжении ряда лет лабораторный практикум зондовой микроскопии [1,2]. Экспериментальная база практикума состоит из сканирующего зондового

микроскопа «ФемтоСкан» и рабочих графических станции с сетевым доступом к управлению микроскопом. Для дистанционного управления прибором, передачи и анализа данных весьма перспективным становится многофункциональное программное обеспечение «ФемтоСкан Онлайн», адаптированное для образовательных целей.

При выполнении лабораторной работы каждый из студентов по очереди самостоятельно проводит измерения на микроскопе, при этом данные отдельных измерений поступают в реальном времени ко всем участникам – студентам и преподавателю – для наблюдения и анализа данных. Технические возможности практикума позволяют проводить дистанционные лабораторные работы с управлением через Интернет – как из соседнего помещения, так и из другого города, страны. Причем студенты имеют возможность приобретать навыки управления прибором, получения и обработки данных независимо от их географического местоположения. С учетом сути атомно-силовой микроскопии, объекты наномира, оказывается, можно «потрогать» и на расстоянии через Интернет.

На основе удаленного управления экспериментальной установки удается осуществить визуализацию объемных изображений атомных структур, белков, нуклеиновых кислот, бактериальных клеток, поверхностей различных материалов. Полученные визуализированные объекты имеют самостоятельную ценность и могут использоваться в виде коллекций учебных материалов как для обучения студентов, школьников, так и для популяризации науки в целом и нанотехнологии, в частности. На Интернет-портале Chemnet химического факультета МГУ опубликована подготовленная таким образом коллекция интерактивных трехмерных изображений минералов, вирусов, бактерий, полимеров и биомакромолекул [3].

Описанные выше лабораторные работы удобны тем, что могут быть разбиты на набор элементов, которые могут решать разные образовательные задачи и сами в отдельности быть использованы как лабораторные работы. Причем одни элементы могут включать экспериментальную исследовательскую работу на приборе «ФемтоСкан» и позволять приобретать навыки экспериментальной исследовательской деятельности, а другие могут основываться только на обработке уже полученных данных, что дает возможность научить извлекать из «сырых» данных требуемые характеристики, например, распределение фаз или упругости в случае исследования полимеров.

Иными словами, практикум является масштабируемым решением в области образования и может быть в зависимости от решаемых образовательных задач развернут как на основе аппаратно-программного комплекса, состоящего из сканирующего зондового микроскопа «ФемтоСкан» и набора графических станций под управлением специализированного программного обеспечения «ФемтоСкан Онлайн», так и на основе только программного обеспечения, включающего программу «ФемтоСкан Онлайн», и тематичекой коллекции уже полученных на

микроскопе данных. Наличие дистанционного управления микроскопом дает возможность создавать распределенные, например, между разными университетами, практические задачи, расширяя сотрудничество и оптимизируя затраты сил и средств.

В настоящее время на химическом факультете в рамках лабораторного практикума по зондовой микроскопии разработаны и применяются лабораторные работы как включающие стадию экспериментального исследования: «Сканирующая зондовая микроскопия блок-сополимеров», «Визуализация атомной решетки графита», так и наборы уже полученных данных, например - «Изучение морфологии бактериальных клеток на основе данных атласа изображений бактериальных клеток, полученных с помощью атомно-силовой микроскопии». В последнем случае цель работы - изучение морфологии бактериальных клеток. И студенты обрабатывают уже ранее полученные на микроскопе трехмерные изображения бактериальных клеток, проводят количественный анализ изображений, определяют характерные размеры, шероховатость и пр. Практикум также снабжен тематическими онлайн-тестами с гибкой структурой и возможностью изменять графическую оболочку.

Для методической поддержки практикума, для одной из задач: «Сканирующая зондовая микроскопия блок-сополимеров», создан и опубликован на портале Chemnet.ru комплект электронных учебных интерактивных материалов [4], позволяющих ознакомиться с работой и заранее приобрести ряд навыков, необходимых в последующей реальной деятельности. Комплект включает в себя методическую разработку, видео и 3D иллюстрации, видеоинструкции, ссылку на необходимое программное обеспечение и файл с экспериментальными данными, навыки по обработке которых учащийся имеет возможность отработать до практикума.

Внедрение информационно-коммуникационных технологий, включая Интернет, и в учебные, и в исследовательские процессы позволяет органично «смешивать» эти процессы и формировать из их «смеси» новые наукоемкие учебные программы, открывает доступ к ним все более широкой аудитории потребителей – от школьников до ученых и инженеров, создает условия для непрерывного обеспечения общества кадрами в самых наукоемких отраслях деятельности, в том числе в области нанотехнологий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яминский И.В. Дистанционное образование в области экспериментальной физики полимеров. // Четвертая Всероссийская Каргинская конференция "Наука о полимерах 21-му веку". Москва, МГУ, 29 января - 2 февраля 2007 года. Тезисы устных и стендовых докладов, том 3, с. 28.
2. Filonov, I. Yaminsky. A Simple Way to Control Probe Microscope over Internet // International Conference of Nanoscience and Technology, NANO 9 meets STM'06, Basel, Switzerland, July 30 - August 4, 2006, Abstracts, p. 193

3. В.В. Миняйлов, И.В. Яминский. «Взгляд в Наномир.» Серия 3D иллюстраций. (<http://www.chem.msu.su/rus/Chemistry3D/Nanoworld/>)
4. Практикум по зондовой микроскопии. Лабораторная работа «Сканирующая зондовая микроскопия блок-сополимеров» (<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/afm/>)